

研究論文

演奏者別の仮想指揮者による合奏支援

高津 良介^{1,a)} 牧 宥作^{1,b)} 井上 智雄^{2,c)} 岡田 謙一^{3,d)}

受付日 2015年7月15日, 採録日 2015年11月30日

概要: オーケストラをはじめとした複数人での演奏を支援する研究が広く行われている. その中で, 演奏の中心となる指揮者が不在な環境に焦点を当て, 図形やコンピュータグラフィクスによる人型モデルなどによる仮想指揮者を用いて支援する研究が存在する. しかし, これらの研究では演奏者全体に向けた簡易な指揮しか行えないことから, 演奏者に十分な指示ができないという問題があった. 我々はこの問題を解決する新たなアプローチとして, 演奏者のパートや役割に応じて個別に指揮する仮想指揮者を用いた合奏支援を提案する. これにより, 各パートの演奏者に詳細な指示を行うことができるようになり, 指揮者不在の環境において演奏者にとって演奏しやすい指揮環境を構築することが期待できる. 実験により, 本提案を演奏で使用した際の影響を評価した.

キーワード: 音楽演奏支援, 仮想指揮者, 個別化, タブレット端末

Supporting Musical Performance by a Group of Personalized Virtual Conductors

RYOSUKE TAKATSU^{1,a)} YUSAKU MAKI^{1,b)} TOMOO INOUE^{2,c)} KEN-ICHI OKADA^{3,d)}

Received: July 15, 2015, Accepted: November 30, 2015

Abstract: We propose a group of personalized virtual conductors for a group of players such as an orchestra. All the studies of virtual conductor to date only addressed a single conductor. However because the required dynamics, tempo, and nuances are different by the player's role and part, personalized conduct may be desirable. We developed the prototype of a group of personalized virtual conductors, and investigated the influence for the players.

Keywords: supporting musical performance, virtual conductor, individualize, tablets

1. はじめに

オーケストラをはじめとした大人数での演奏を行うとき, 指揮者の存在は不可欠である [1]. 特に拍子およびテン

ポ, 音の強弱, 音の入り切りやブレスのタイミングといった, 調和のとれた演奏を行ううえで不可欠となる指揮要素を示すことは, 演奏中の指揮者の重要な役割である [2]. その際, 指揮者はつねに演奏者全体に向けて指揮を行っているのではなく, 特定のパートへ向けた指示も多く行っており, アイコンタクトなどを用いて, どのパートに向けた指示をしているのかを明確にする必要がある [3].

指揮者が不在の環境で演奏を行う場合, これらの指示を行う者がいないため, 複雑な演奏を行うことは非常に困難となる. 指揮者不在のオーケストラとして代表的なものに, オルフェウス管弦楽団がある. 彼らは非常に高い演奏能力を有し, 豊かな経験に基づきお互いの演奏を聴き合うことで指揮者不在の環境で調和のとれた演奏を実現している [4]. 一方, アマチュアをはじめとした熟練度の低いオー

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University,
Yokohama, Kanagawa 223-0061, Japan

² 筑波大学図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

³ 慶應義塾大学理工学部情報工学科
Department of Computer and Information Science, Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Kanagawa 223-0061, Japan

a) takatsu@mos.ics.keio.ac.jp

b) maki@mos.ics.keio.ac.jp

c) inoue@slis.tsukuba.ac.jp

d) okada@mos.ics.keio.ac.jp

ケストラが指揮者不在の環境で演奏を行うことは困難であり、これを支援するためシステムにより演奏者に必要な指示を提示する仮想指揮者に関する研究がいくつか存在する。代表的なものに、コンピュータグラフィクスによる指揮者の映像をディスプレイに表示し、指揮を行う研究がある [5]。指揮者不在の環境においても大人数での演奏を成立させることが可能になった。しかし、既存の研究では指揮内容が全体に向けたテンポと音の強弱についての指示のみの簡易なものであり、各パートに対する詳細な指示ができないという問題点がある。そこで我々は、これまでにない新たな指揮環境として、演奏者のパートや役割に応じて個別に指揮する仮想指揮者を用いた合奏支援を提案する。具体的には、各演奏者にタブレット端末を配置し、これに個別の仮想指揮者を表示する。各仮想指揮者の指揮内容は、演奏者のパートや役割に応じて個別に設定する。これにより音の強弱、プレスや音の入り切りのタイミングを演奏者個別に指示できるようになり、演奏者にとって演奏しやすい指揮環境の構築が期待できる。

なお、このシステムは、指揮者不在の環境における複数人での演奏をしやすくすることを目的としており、練習・本番などの使用場面や演奏形態について特段の想定をするものではない。

本論文の構成は本章以降、2 章では関連研究について述べ、3 章では演奏者個別に指揮を行う仮想指揮者環境の提案、4 章では提案の実装、5 章では評価実験について説明し、最後に 6 章で結論を述べて結びとする。

2. 関連研究

2.1 オーケストラ演奏の支援

オーケストラなどの複数人での演奏の場を支援する研究は数多く存在する [6]。たとえば、演奏者の遠隔指導に焦点を当てた、没入型オーケストラシミュレータの研究がある [7]。この研究ではシミュレータでの練習の録音を送受信することで演奏者に対し遠隔で指導を行うことができるが、対象が個人のユーザに限られており、複数の演奏者に対して同時に対応することはできない。他にも、ポリテンポ（パートごとに異なるテンポで同時に演奏を行うこと）を含む楽曲の合奏支援を目的として、電子楽譜の左端と上端に表示された、垂直方向と水平方向の 2 つのバーの動きで演奏者個別にテンポを伝える研究がある [8]。この研究では、音の強弱などの指示を行うことはできず、指揮者が別に指示する必要がある。また、この研究はポリテンポを含む楽曲というきわめて限られたケースの支援に焦点を当てており、一般的なオーケストラの合奏支援は想定されていない。

2.2 指揮者不在の環境における演奏者支援

指揮者が不在の環境において演奏を支援する研究も数多

く行われている。1 章で述べたように、指揮者が不在の環境では、テンポや音の強弱などの、演奏をするうえで不可欠な指示が得られないことが演奏を困難にしている。そこで、システムを用いてこれらの指示を演奏者に示すことで合奏支援を行う仮想指揮の研究がなされている。例として、ディスプレイ上で球体を動かし、この動きによって指揮を行う研究がある [9]。球体の動きの速さによりテンポを、軌跡で拍子を表現し、音の強弱を球体の色の变化で表している。この研究における指揮内容は、全体に向けてテンポと音の強弱を示しているのみの簡易なものである。

このほかに、人型のコンピュータグラフィクスを用いることで指揮を行う研究が存在する。人型のモデルにより指揮を行うことで、拍の質感（スタッカート、レガートなど）も表現することが容易になる。特に代表的な研究として、大型ディスプレイにコンピュータグラフィクスによる指揮者を表示し、これにより指揮を行う研究がある [3]。この研究では、ディスプレイ上の仮想指揮者が MIDI データを元にあらかじめ決められたテンポおよび音の強弱を指揮している。さらに、仮想指揮者にいくつかのジェスチャを加えた研究 [10] や、練習支援を想定して機能を拡張した研究もある [11], [12]。これらの研究も、図形による指揮同様、指揮内容としては全体に向けた簡易なものである。

3. 個別の仮想指揮者による演奏者支援

3.1 従来研究の問題点

2 章で述べたように、指揮者不在の環境を仮想指揮者により支援する研究が存在する。しかし、従来の仮想指揮者には、特定のパートに対する詳細な指示ができないという問題点がある。仮想指揮者の指揮内容は全体に向けてテンポと音の強弱などを示すだけの簡易なものである。特定のパートに対する詳細な指示を行うと、その他のパートへの指示が行えず、テンポや音の強弱が曖昧になってしまい、演奏に乱れが生じる。そのため、現状の仮想指揮者は全体に向けてテンポと音の強弱をコンスタントに指示せざるを得ず、特定のパートに対する指示を行うことが難しい。

3.2 演奏者別の仮想指揮者

仮想指揮者が全体に向けたテンポと音の強弱を指示しているのみでは、高度な演奏を目指すうえで演奏者にとって演奏しやすい指揮環境とはいえない。演奏しやすい指揮環境の実現には、パートごとの音の強弱や、プレスおよび音の入り切りのタイミングなど詳細な指示を行う必要がある。そのためには、全体でテンポを共有したうえで、各パートの役割に応じた指示を行う必要がある。その際、1 章で述べたように、指揮者がその指示対象を明確にすることは重要であり、人間の指揮者の多くはアイコンタクトなどによってこれを実現している。しかし、平面ディスプレイ上では身体、視線の向きを表現することは困難であり、特定

のパートへの指示に対応していない。そのため、平面ディスプレイ上の指揮において指揮対象の明確化を図る際には工夫が必要となる。

我々は、従来の仮想指揮者の問題点を解決するための新しいアプローチとして、人型モデルによる仮想指揮者を複数にし、演奏者個別に指揮を行う環境を提案する。演奏者1人に対して1つの仮想指揮者を設置し、全演奏者同時に再生する。それぞれの仮想指揮者は対応する演奏者に対してのみ指揮を行う。指揮内容は、テンポおよび拍子に関しては全指揮者間で共通とし、音の強弱およびプレスや入り切りのタイミングの指示は演奏者のパートや役割に対応させる。

本提案ではすべての演奏者に対して同時に指揮することができる。また、演奏者はつねに自分がすべき演奏に対する指示が得られるため、各演奏者が対応する指揮者の指示どおりに演奏することで、複雑な楽曲を演奏する際の負担を軽減できる。たとえば複数のパートが異なる強弱変化をする場合や、異なるタイミングで音の入り切りを行う場合に、各パートにそれぞれ適切な強弱やタイミングを指示することができる。また本提案では、仮想指揮者の指示対象はつねに明確であるため、身体、視線の向きを示す必要がない。

これらのことから、本提案により、テンポを共有したうえで各パートへの詳細な指示を実現することができ、演奏者にとって演奏しやすい指揮環境の構築が期待できる。

4. 実装

4.1 ハードウェア構成

本提案のハードウェア構成は、図1のように、各演奏者に配置したタブレット端末に、個別の指揮内容を持つ仮想指揮者を表示している。

仮想指揮者を表示するためのタブレット端末として、ASUS社のNexus 7を5台用意した。OSはAndroidTM 4.4.4、画面解像度は1,280 × 800ピクセル(WXGA)、画面サイズは縦横アスペクト比8:5の7インチであり、演奏者が演奏中に仮想指揮者を問題なく見ることが可能な画面サイズである。

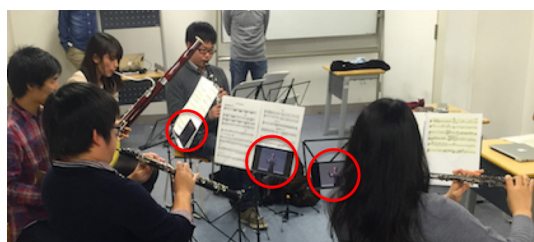


図1 ハードウェア構成

Fig. 1 Hardware configurations.

4.2 指揮内容の作成

指揮の提示手法に関しては、2章の関連研究で述べたように図形の動きを用いた手法と、人型モデルによる手法とが考えられるが、今回は後者を採用した。理由としては、人型モデルの場合、拍を連続的に表現できるため、スタッカートなどの音の質感に関する指示を行うことも可能になるほか、顔の表情による喜怒哀楽や様々なジェスチャを表現することで指揮の幅を広げられることが期待できるためである。今回は図形の動きによる手法でも表現できる範囲の単純な指揮内容であるが、将来的な発展性を考慮し、本論文では人型モデルにより実装を行った。仮想指揮者の作成には、3Dモデルの作成に特化している、e-frontier社のPoser 10を使用した。Poser 10は3D人型コンピュータグラフィックスモデルの全身の関節の角度を調節することで、モデルのポーズを詳細に設定することができる。また、こうして作ったポーズをフレームごとに設定し、一定のフレーム速度で再生することで、モデルの動きを表現することも可能である。今回はPoser 10のこの特性を活かし、仮想指揮者の指揮動作を作成した。

今回作成した仮想指揮者は、テンポ・拍子・音の強弱・プレスおよび音の入り切りのタイミングを指揮することができる。指揮内容の作成にあたっては基礎的な指揮法の教科書[13]を参考にした。演奏を成立させるうえで重要な指示が演奏者に明確に伝わることを優先事項とし、顔の表情や細かい仕草などの動きは省略して作成した。テンポに関しては、Poser 10におけるレンダリングのフレーム速度がつねに一定であることを利用し、拍から拍までのフレーム間隔を調節することで、目的とするテンポでの指揮を作成した。今回は、30fps (frame per seconds) で作成したため、たとえば1拍あたりのフレーム数を30にすれば、bpm (beat per minutes) = 60で指揮を振ることになり、フレーム数を15にすればbpm = 120となる。拍子に関しては、腕の軌跡により形作られる図形により表現した。この際の図形(指揮図形)に関しても、指揮法教科書における指揮図形を参考にした。強弱に関しては図2左上のピアノシモ(pp)から図2右上のフォルテシモ(ff)までを6段階で表現した。拍が明確に判別できる範囲で最も小さい振り方をpp、指揮者の動きとして不自然とされない範囲で最も大きな振り方をffとし、その指揮の振幅を等間隔に区切ってその中間の強弱(p, mp, mf, f)とした。この振幅の定義は指揮法にも明確な記述がなかったため、今回は簡易的な強弱の尺度として、振幅の変化を等間隔にして音の強弱の実装を行った。プレスに関しては、対象の演奏者のフレーズが始まる一拍前において、図2左下のように仮想指揮者が息を吸い込むジェスチャを行うことにより表現した。そのほか、音の入り切りのタイミングはシーンに合わせて腕を伸ばし、手を開閉するジェスチャを作成し、表現した。加えて、自パートが音を出す必要のない場面では



図 2 仮想指揮者の指揮の例

Fig. 2 Example of virtual conductor's conducting.

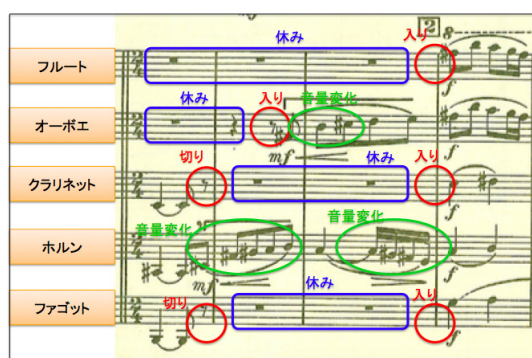


図 3 個別に設定した指揮内容の例

Fig. 3 Example of conducting contents for each part.

図 2 右下のように仮想指揮者は目を閉じ、拍感を失わない程度に小さく指揮を振ることで休みを指示し、自パートが音を出す際に目を開くようにすることで、音を出すべき場面と出さない場面との差を明確にした。

テンポ・拍子を除く指示はすべて個々のパートに対応させて作成した。図 3 に個別に指示している内容の例を示す。

4.3 同期再生

複数の端末で同時に仮想指揮者を再生するためには、端末間での同期再生を行う必要がある。今回作成したプロトタイプでは、機械的な同期処理は未実装であり、システムを使用する際には掛け声に合わせて端末の再生ボタンにタッチするという方法をとった。この同期方法に問題がないかを検証するため、同一のハードウェア環境において 5 名の被験者が掛け声に合わせて画面をタップし映像を再生する予備実験を 2 グループ 10 名で行った。実験の様子を上部からビデオカメラで撮影し動画解析を行うことで、最も早く映像が再生された端末と、最も遅れた端末の時間の差を 30 ms 単位で測定した。これを各グループ 12 回、計 24

回試行したところ、同期精度の誤差は 130 ms 以内であった。実際に演奏者に使用してもらったところ、曲のテンポが bpm=約 130 を越えるまでは演奏に支障を与えないことを確認した。

5. 評価実験

本章では我々の提案が演奏に与える影響を調査することを目的に、このシステムを実際に木管五重奏において演奏者に使用してもらった評価実験について説明する。今回木管五重奏を選択した理由としては、パートごとの役割の差が明確であり、かつ曲によっては指揮者を必要とする編成であるため、提案システムを用いた際の影響を検証するうえで適していると判断したためである。今回の評価実験では、指揮内容を全員共通にした場合との比較実験を行い、演奏者による評価を行った。

5.1 実験方法・手順

5.1.1 被験者

木管五重奏の各パート（フルート、オーボエ、クラリネット、ホルン、ファゴット）経験者各 1 名ずつの 5 名グループを 2 組、計 10 名で行った。全員アマチュアオーケストラに所属する大学生である。一般的なアマチュア演奏者における平均的な演奏者レベルであり、演奏に必要な基礎的な能力は備わっている。なお、一般的な仮想指揮者システムを使用するのは全員初めてである。

5.1.2 比較対象

表示する仮想指揮者の指揮内容が被験者ごとに個別であるシステム（提案システム）と、全被験者において共通であるシステム（比較システム）とで比較を行った。比較システムでの指揮内容は、つねにそのとき最も細かい動きをしているパートのテンポ、拍子、音の強弱、プレスおよび入り切りのタイミングの指示である。ハードウェア環境は同一であり、両システムともに、仮想指揮者は各演奏者に配置したタブレット端末に表示した。

5.1.3 使用楽曲

今回の評価実験では演奏曲として、Eugene Bozza による“Variations Sur Un Theme Libre”を使用した。現代曲であり、テンポの変化が多く、パートをまたいだフレーズも多く見られることから、指揮者を立てて演奏されることが多い楽曲である。全楽章合わせて 10 分以上の曲であるが、今回はこの曲の一部を抜粋した。抜粋部分を前半（約 2 分）と後半（2 分弱）に分け、前半部分を A 曲、後半部分を B 曲とした。

なお、本来指揮の違いによる影響を評価するうえでは、より多くの楽曲において実験を行うべきであるが、今回の仮想指揮者の指揮内容は基本的なものであり、テンポと強弱が同じであれば、指揮者の動きに曲の違いによる差は出ず、音の入り切りやプレスのタイミングを指示する箇所や

回数だけの違いとなる。テンポの違いは評価に影響を与えることが予想されるが、A 曲は比較的テンポが遅く、B 曲は比較的テンポが速い曲である。そのため、今回はこの 2 曲を対象とした。

今回抜粋した部分における最も速いテンポは bpm=128.5 であり、4.3 節で述べたように、同期誤差が演奏に支障を与えない範囲であるといえる。

5.1.4 評価方法

提案システムおよび比較システムの双方で使用楽曲の演奏を行った後に、被験者に対してアンケート調査を行った。

5.1.5 実験手順

評価実験の事前準備として、被験者には各パートの楽譜および使用楽曲の参考音源（プロの演奏の録音）を送り、実験当日までに譜面読みを終わらせておいてもらった。2 つのグループはそれぞれ別々の日時に実験を行った。先に実験を行った方をグループ 1、後に実験を行った方をグループ 2 とした。

実験当日は、まず被験者に実験の内容と、システム間の違いに関して説明を行った。その後、提案システムと比較システムを使用して楽曲を演奏してもらった。その際、まずは仮想指揮者システムに慣れてもらうため、A 曲および B 曲において、提案システムと比較システムの双方を用いて練習を行ってもらった。その後、最終的にシステムの評価をするための本番演奏を行ってもらった。グループ 1 とグループ 2 でシステムの使用順序を変え、具体的には以下の順序で実験を行った。

【グループ 1】

- (1) A 曲：比較システム（練習）
- (2) A 曲：提案システム（練習）
- (3) B 曲：提案システム（練習）
- (4) B 曲：比較システム（練習）
- (5) A 曲：比較システム（本番）
- (6) A 曲：提案システム（本番）
- (7) B 曲：提案システム（本番）
- (8) B 曲：比較システム（本番）

【グループ 2】

- (1) A 曲：提案システム（練習）
- (2) A 曲：比較システム（練習）
- (3) B 曲：比較システム（練習）
- (4) B 曲：提案システム（練習）
- (5) A 曲：提案システム（本番）
- (6) A 曲：比較システム（本番）
- (7) B 曲：比較システム（本番）
- (8) B 曲：提案システム（本番）

今回の評価実験では、演奏におけるタイミングや音の強弱の一致に関して指揮の個別化要因が与える影響のみを検討するため、図 4 のような演奏者同士が向き合った環境で



図 4 演奏者同士が向き合った状態

Fig. 4 Seating arrangement: participants face each other.



図 5 演奏者が背中合わせの状態

Fig. 5 Seating arrangement: participants sit back-to-back.

Q1: どちらのシステムが演奏しやすかったか。
 (「指揮内容が共通」・「指揮内容が個別」・「差なし」から一つを選択)
 Q2: 評価実験に関して感じたことを自由に記述。(記述)

図 6 演奏者を対象としたアンケートの内容

Fig. 6 Detail of questionnaire for players.

はなく、図 5 のような演奏者同士が背中合わせの環境で本番演奏を行った。これにより、タイミングや強弱の調整において、演奏者同士のアイコンタクトや身体の動きといった他の影響要因を排除した。ただし、(1) から (4) の練習段階では、被験者が慣れている図 4 の環境においてもシステムを体験してもらった。すべての演奏を終えた後、被験者に図 6 の内容のアンケートに回答してもらった。

5.2 実験結果・考察

5.2.1 システム比較

アンケートにおける Q1. 「どちらのシステムが演奏しやすかったか」に対する回答の結果は図 7 のグラフのようになった。図 7 を見ると、共通指揮を最初に使用したグループ 1 では、5 名全員が指揮内容が個別である方が演奏しやすいと回答し、個別指揮を最初に使用したグループ 2 では、回答が分かれる結果となった。2 グループの総合で見ると、被験者 10 名中 7 名が提案システムの方が演奏しやすいと答えた。

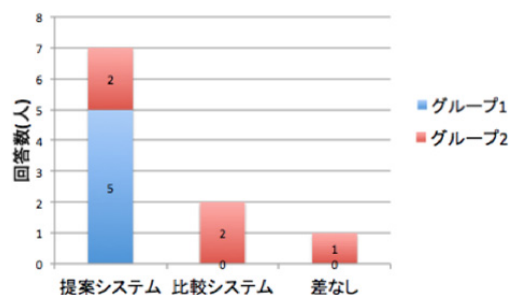


図 7 演奏者へのアンケート Q1 に対する回答結果

Fig. 7 Answers to Q1.

図 7 の結果では、グループ間で評価に差があった。評価として、グループ 1 では全員が個別指揮を支持する結果となったのに対し、グループ 2 では評価が分かれた。このことから、先に指揮内容が共通であるシステムを使用してから指揮内容を個別にする方が、演奏者の評価が高まることが考えられる。この理由を考察すると、指揮内容が共通である場合、全員が主に主旋律に対する指揮を見ているため、曲の全体像がつかみやすいというメリットがあると考えられる。それに対して個別指揮は、3 章で述べたように様々なメリットがあるが、共通指揮に比べると曲の全体像がつかみにくいという欠点と考えられる。個別指揮をいきなり使うと、この欠点が顕著に出てしまうが、共通指揮を先に使用して曲の全体像を把握してから個別指揮を用いると欠点が緩和され、個別指揮の評価が高まった可能性がある。そのため、実際にシステムを使用する際には、先に共通の指揮内容を使用し、曲の全体像を把握した後に個別の指揮内容へと切り替える手法または、全員共通の内容の指揮を行う指揮者と、個別の内容の指揮を行う指揮者の双方を画面内に表示する手法などが考えられる。

5.2.2 自由記述

アンケートの自由記述部分の内容をまとめたものを以下に示す。

<グループ 1>

- 提案システムの利点
 - 個別に入りのタイミングを示せる。
 - ロスト（今どこを演奏しているのかが分からなくなること）した際の助け舟が豊富。
 - 曲の雰囲気や全体像が掴めなくても演奏できる。
- 提案システムの欠点
 - 指揮内容が共通である場合と比較して、指揮からずれてはいけないことの恐怖感が大きく、必要以上に指揮を凝視してしまう。
 - 周りの音が耳に入りづらくなる。
 - 慣れてくるにつれて比較システムとの差がなくなってくる。

<グループ 2>

- 提案システムの利点
 - 個別に入りのタイミングを示せる。

- 指揮の情報量が多い。
- 慣れると自身の細かい部分まで意識できる。
- パートごとのフレーズが独立しているとき役立つ。
- 周囲の音が聴こえないときにも演奏できる。

● 提案システムの欠点

- 全員が違う指揮を見ているという不安感がある。
- 周りの音との関係性が掴みづらい。
- 他人とずれたときに合わせづらい。
- 他のパートの指揮内容が分からない。

自由記述の回答から、指揮を個別にすることが演奏者に与える影響を考察する。指揮を個別にすることの利点として、指揮内容の豊富さをあげる被験者が多かった。個々の仮想指揮者が指揮している内容が増えたわけではないが、指揮内容がすべて対応する演奏者に向けたものであるため、演奏者にとっては指揮内容が増えたように感じたと考えられる。

一方で、指揮の個別化の欠点として、それぞれが異なる指揮者を見ていることから生じる恐怖感や不安感を指摘する回答もあった。原因の 1 つとして、被験者が複数の指揮者による指揮環境での演奏が初めてであったことが考えられる。提案システムの指揮環境において一定期間演奏を経験することで、これらの恐怖感や不安感が緩和されることが期待できる。このほかにも、被験者がシステムに慣れていなかったことが評価に影響を与えたことが考えられる。今後の課題として、実運用環境における慣れた状態での長期的な評価も重要な研究課題である。

また、演奏者個別に細かくタイミングを指示することが可能である提案システムを使用することで、システムがない環境において他の人と合わせる能力が低下する危険性もある。将来的に演奏者の能力向上などを目指す際には、注意が必要である。

6. おわりに

オーケストラをはじめとした複数人での演奏の場を支援する研究は広く行われているが、その 1 つとして、指揮者不在の環境における演奏の支援を目的として、仮想指揮者を用いて指揮を行う研究がある。しかし、これらの研究では演奏者全体に向けた簡易な指揮しか行えないことから、演奏者に十分な指示ができないという問題があった。

そこで我々は、新しい指揮環境として、演奏者のパートや役割に応じて個別に指揮する仮想指揮者を用いた合奏支援を提案した。本提案では、各演奏者に対応する演奏者に向けてのみ指揮を行う仮想指揮者を設置し、全演奏者同時に再生する。これにより、すべての演奏者に同時に指示を行うことが可能になり、テンポと拍子を共有した上で、各パートに対して個別に詳細な指示を送ることが可能になった。我々はこのシステムにおいてテンポ、拍子、音の強弱および音の入り切りやブレスのタイミングを指示できるよ

うに仮想指揮者を作成した。これを用いて、木管五重奏を対象に、仮想指揮者の指揮内容を個別にすることが演奏者にとって良い影響を与えるかどうかを検証する評価実験を行い、10名の被験者のうち、7名の被験者が、比較システムよりも提案システムの方が演奏しやすいと回答した。

参考文献

- [1] Matthews, W.K. and Kitsantas, A.: The role of the conductor's goal orientation and use of shared performance cues on collegiate instrumentalists' motivational beliefs and performance in large musical ensembles, *Psychology of Music* 2013, Vol.41, pp.630-646 (2013).
- [2] The Method Behind the Music, available from <http://method-behind-the-music.com/conducting/intro/>.
- [3] Farberman, H.: *The Art of Conducting Technique: A New Perspective*, Warner Bros Pubns (1997).
- [4] Seifter, H.: The Conductor-Less Orchestra, *The Frances Hesselbein Leadership Institute*, No.21, Summer (2001).
- [5] Bos, P., Reidsma, D., Ruttkay, Z. and Nijholt, A.: Interacting with a Virtual conductor, *Entertainment Computing — ICEC 2006*, Lecture Notes in Computer Science, Vol.4161, pp.25-30 (2006).
- [6] Reidsma, D., Radha, M. and Nijholt, A.: Mediated Interactions and Musical Expression—A Survey, *Digital Da Vinci, Computers in Music*, pp.79-98 (2014).
- [7] Olmos, A., Bouillot, N., Knight, T., Mabire, N. and Cooperstock, J.R.: A High-Fidelity Orchestra Simulator for Individual Musicians' Practice, *Computer Music Journal*, Vol.36, No.2, pp.55-73 (2012).
- [8] Kocher, P.: Polytempo Network: A System for Technology-Assisted Conducting, *Proc. ICMC—SMC—2014*, pp.14-20 (2014).
- [9] Baez, R., Barbancho, A.M., Rosa-Pujazo, A., Barbancho, N.I. and Tardo'n, L.J.: Virtual Conductor for String Quartet Practice, *Proc. Sound and Music Computing Conference 2013*, pp.292-298 (2013).
- [10] Reidsma, D., Nijholt, A. and Bos, P.: Temporal interaction between an artificial orchestra conductor and human musician, *Computers in Entertainment (CIE) — SPECIAL ISSUE: Media Arts (Part 2)*, 6 Issue 4(53) (2008).
- [11] Maat, M.T., Ebbers, R.M., Reidsma, D. and Nijholt, A.: Beyond the Beat: Modelling Intentions in a Virtual Conductor, *Proc. 2nd international conference on INtelligent TEchnologies for interactive entertainment (INTETAIN '08)*, Article No.12 (2008).
- [12] Nijholt, A., Reidsma, D., Ebbers, R. and Maat, M.T.: The Virtual Conductor: Learning and Teaching about Music, Performing, and Conducting, *Advanced Learning Technologies, 2008, ICALT '08, Eighth IEEE International Conference*, pp.897-899 (2008).
- [13] The Church of Jesus Christ of Latter-day Saints: *Basic Music Course — Conducting Course* (1992).



高津 良介 (学生会員)

2015 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。ヒューマンインタフェースと協調作業支援の研究に従事。



牧 宥作 (学生会員)

2014 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。ヒューマンインタフェースと協調作業支援の研究に従事。



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系教授。博士(工学)。専門は CSCW, HCI, 教育工学。情報処理学会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, ほか多数受賞。情報処理学会論文誌編集主査, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ編集幹事, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会幹事, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会幹事, ACM CSCW Papers Associate Chair, IEEE TC CSCWD 委員, APSCE SIG CUMTEL 委員等歴任。『アイデア発想法と協同作業支援』(共立出版), 『Communication and Collaboration Support Systems』(IOS Press) 等執筆。



岡田 謙一 (正会員)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授, 工学博士。専門は, CSCW, グループウェア, HCI。情報処理学会理事, 情報処理学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GN 研究会主査, 日本 VR 学会理事等を歴任。現在, 情報処理学会理事, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ編集委員長, 電子情報通信学会 HB/KB 幹事長。情報処理学会論文賞 (1996, 2001, 2008 年), 情報処理学会 40 周年記念論文賞等を受賞。VR 学会フェロー, IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会各会員, 本会フェロー。